走马胎叶片营养成分分析及栽培年限差异比较

唐凤鸾[1]，梁英艺[2]，孙菲菲[3]，赵健[1*]

(1.广西壮族自治区中国科学院广西植物研究所,广西 桂林 541006;2.中共罗定市龙湾镇委员会，广东 罗定 527235；3.桂林医学院 药学院，广西 桂林 541001)

摘要：走马胎为西南地区常用中药材，被广泛用于食物蒸炖、药浴等日常保健。近年来走马胎叶片被开发成代泡茶，有效拓宽了应用途径。为了明确走马胎叶片营养价值，我们采用国标方法分别对不同栽培年限走马胎叶片的矿质元素、一般营养、氨基酸及活性成分进行了分析和评价，为其开发利用提供科学依据。结果表明：（1）走马胎叶片含有非常丰富的矿质营养，并符合高钾低钠型保健食品特征。1 年生植株叶片矿质元素含量最高，其中磷（P）、钾（K）、铜（Cu）、铁（Fe）、锰（Mn）、锌（Zn）显著高于 2～4 年生植株（P<0.05）。（2）走马胎叶片的一般营养和氨基酸含量较高，且随栽培年限不同存在明显差异；4 年生植株叶片维生素 C、总糖、氨基酸含量显著高于 1～3 年（P<0.05）。（3）走马胎叶片含有丰富的酚类和皂苷类物质，黄酮类物质含量较低,其中 1 年生总皂苷和 4 年生总酚含量显著高于其它栽培年限（P<0.05）。通过与常用果蔬及茶叶对比，走马胎叶片营养价值较高，其中 1 年生矿质营养和皂苷类物质含量最丰富，4 年生一般营养、氨基酸及酚类物质含量最丰富，具有较好的开发利用前景。

关键词：走马胎，叶片，营养成分，栽培年限，差异比较

中图分类号：TS 255.6 **文献标志码：**A **文章编号：**

Analysis and comparison of leaf nutrient components of *Ardisia gigantifolia* Stapf. from different cultivated years

TANG Fengluan[1], LIANG Yingyi[2], SUN Feifei[3], ZHAO Jian[1*]

(1. *Guangxi Institute of Botany, Guangxi Zhuangzu Autonomous Region and the Chinese Academy of Sciences*, Guangxi, Guilin, 541006; 2. *Longwan Town of Luoding City Committee*, Guangdong, luoding, 527235; 3.*Guilin Medical University, College of Pharmacy*, Guangxi, Guilin , 541006)[1]

Abstract： *Ardisia gigantifolia* Stapf. is a common Chinese medicinal material in Southwest China, which is widely used in food stewing and medicinal bath. In recent years, the leaves of *A. gigantifolia* have been developed to make tea, which has effectively broadened the way of application. In order to clarify the nutritional value of *A. gigantifolia* leaves, we used the national standard method to analyze and evaluate the mineral elements, general nutrients, amino acids and

---

收稿日期：2021-03-21

基金项目：广西科技计划项目(桂科 AB16380212)；国家自然科学基金项目(No.31760085) [Supported by the Science and Technology Program of Guangxi（AB16380212）; National Natural Science Foundation of China (31760085)]。

作者简介：唐凤鸾（1978-），副研究员，研究方向为生物技术及药用植物开发利用，生物技术及药用植物开发利用，（E-mail）1251657759@qq.com。

***通信作者：**赵健，副研究员，主要从事资源保存与栽培领域研究工作，（E-mail）358788030@qq.com。

active components of its leaves in different cultivation years, so as to provide scientific basis for its development and utilization. The results were as follows: (1) The leaves of *A. gigantifolia* contained rich mineral nutrition, which has the characteristics of high potassium and low sodium food. The contents of P, K, Cu, Fe, Mn and Zn in leaves of 1-year-old plants were significantly higher than those of 2-4-year-old plants (P < 0.05). (2) The contents of general nutrients and amino acids of *A. gigantifolia* leaves were higher. The contents of vitamin C, total sugar and amino acid in leaves of 4-year-old plants were significantly higher than those of 1 ~ 3 years old plants (P < 0.05). (3) The leaves of *A. gigantifolia* were rich in phenols and saponins, but the content of flavonoids was low. The content of total saponins in 1-year-old and total phenolsin 4-year-old were significantly higher than that in other cultivated years (P < 0.05). The mineral nutrition and saponins were the most abundant in 1-year-old, and general nutrition, amino acids andphenols were the most abundant in 4-year-old of *A. gigantifolia* plants. Compared with common fruits, vegetables and tea, leaves of *A. gigantifolia* have higher nutritional value and better development and utilization prospects.

Key words: *Ardisia gigantifolia* Stapf., leaves, nutrients components, cultivated years, difference comparison

走马胎（*Ardisia gigantifolia* Stapf.）为紫金牛科紫金牛属常绿灌木，具有祛风壮骨、活血化淤、消肿止痛、止血生肌等功效，是壮、瑶、苗医的常用药，因为疗效安全可靠被收入 100 种经典壮药，并在瑶医理论体系“七十二风”中占有重要地位，民间常有“两脚行不开，不离走马胎”之说。走马胎叶为西南地区民间传统药浴、足浴的保健原料，近年来被开发成代泡茶，并发现对老年人漏尿具有良好的治疗效果。随着走马胎叶片资源的不断开发利用，其营养价值必将得到重视。

我们在引种栽培中发现，走马胎叶片外观形态因植株种植年限不同存在较大差异，如 1 年生植株叶面积小，质地薄，且上下表面呈暗红色，2 年生植株叶面积变大，叶色转绿，生长 3 年及以上植株的叶大、厚，表面密布腺体。前人研究证明，叶片结构建成是营养物质及有效成分积累和变化的基础，而植株生长年限是其重要影响因素（李雁群和吴鸿，2018）。如植株年龄可明显影响鹤望兰叶片中 K、P、B、Fe、Zn 等矿质元素含量（黄敏玲等，2007），2 年生中国肉桂枝条较 1 年和 4 年生枝条叶片的油细胞密度大、数量多、挥发油含量高（Li et al.，2016），50 年生银杏叶中总银杏酸含量最高，25 年最低（姚鑫等，2012）。走马胎叶片形态及栽培年限差异是否改变内部代谢物质的积累，进而影响疗效或使用价值？

有关走马胎的研究主要集中于根茎化学成分（Gong et al.，2010；封聚强等，2011；娄方明等，2010）、药理作用（郑小丽等，2013；MU et al.，2013；谷永杰等，2014），及种质资源和组织培养（毛世忠等，2010；魏蓉等，2018；唐凤鸾等，2019；符运柳等，2017）等方面，尚未见对其营养成分和食用价值的报道。因此，我们以不同栽培年限走马胎植株的叶片为对象，对其开展营养成分研究，在此基础上进一步评价栽培时间对走马胎叶片营养成分的影响。研究结果旨在了解走马胎叶片营养价值，为其开发利用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料

2020 年 10 月中旬在广西壮族自治区中国科学院广西植物研究所的走马胎栽培试验地，选择 1～4 a，生长良好，无病虫危害的走马胎植株。从植株顶端往下，取当年生的完整功能叶片。回实验室，用纯净水冲洗干净，无菌滤纸吸干表面水分后装入自封袋，送广西壮族自治区分析测试研究中心进行鲜样检测。

1.2 检测方法

检测依据：矿质元素（钙、镁、磷、钾、钠、铜、铁、锰、锌）含量按照 GB 5009.268-2016 测定，硫含量按照 JY/T 015-1996 测定；维生素 C、总糖（转化糖，以葡萄糖计）、蛋白质、脂肪、氨基酸含量分别按照 GB 5009.86-2016、GB 5009.8-2016、GB 5009.5-2016、GB 5009.6-2016、GB 5009.124-2016 测定；总黄酮（以无水芦丁计）、总皂苷、总酚含量分别按照 SN/T 4592-2016（《出口食品中总黄酮的测定》）、NY 318-1997 附录 B（《人参制品》）、GB/T 8313-2018 测定。

仪器设备：Optima 2000DV 电感耦合等离子体发射光谱仪（美国 Perkin Elmer 公司），ZEEEnit700 原子吸收光谱仪（德国耶拿），高效液相色谱系统（美国 Waters），日立 L-8900 型全自动氨基酸分析仪（日本 Hitachi 公司），FOSS2300 全自动定氮仪（瑞典 Foss 公司），双光束扫描紫外可见光分光光度计（美国热电），IRIS In-trepid 等离子体发射光谱仪（美国热电），SA-10 原子荧光形态分析仪(北京吉天)，TU-1810 紫外可见光分光光度计（北京谱析） 等。

分析方法：钙、镁、磷、钾、钠、铜、铁、锰、锌等元素检测采用电感耦合等离子体发射光谱法（ICP-OES），硫元素检测采用感耦等离子体原子发射光谱方法；维生素 C 检测采用 2,6-二氯靛酚滴定法，总糖检测采用酸水解-莱因-埃农氏法，蛋白质检测采用凯氏定氮法，脂肪检测采用索氏抽提法，氨基酸检测采用氨基酸分析仪（茚三酮柱后衍生离子交换色谱仪）测定；总黄酮、总皂苷和总酚检测采用分光光度法测定。每个样品测定 3 次。

1.3 数据分析

实验数据采用 Excel 和 SPSS 16.0 软件处理分析。

2 结果与分析

2.1 走马胎叶片矿质营养元素

由表 1 可知，走马胎叶片含有非常丰富的矿质元素，其中常量元素含量最高是钾（K，5 610～7 150 mg·kg^{-1}），其次为钙（Ca，2 930～5 560 mg·kg^{-1}），钠（Na，6.37～30.30 mg·kg^{-1}）最低；K、Na 比为 235～380：1。微量元素含量最高是铁（Fe，27.4～788 mg·kg^{-1}），其次为锰（Mn，5.84～11.40 mg·kg^{-1}），铜（Cu，1.68～2.90 mg·kg^{-1}）最低。

栽培年限对走马胎植株叶片矿质元素含量影响总体表现为 1 年生最丰富，2 年生最低；1 年生植株 P、K、Cu、Fe、Mn、Zn 含量显著高于 2～4 年（$P<0.05$），其中 Fe 含量高达 788 mg·kg^{-1}；3 年生 Ca 和 4 年生 S 含量显著高于其它年限（$P<0.05$）；1 年和 4 年生植株 Mg 含量差异不明显（$P>0.05$），说明 1 年生走马胎植株叶片具有更好的矿质营养。

表 1 走马胎叶片矿质营养元素含量

Table 1 Mineral contents of *Ardisia gigantifolia* leaves

样品 Sample	常量元素 Macroelement（mg·kg^{-1}）					微量元素 Microelement（mg·kg^{-1}）				
	Ca	Mg	S	P	K	Na	Cu	Fe	Mn	Zn
1 年 One year	4 180 ± 2.01^{b}	453± 1.52^{a}	365± 1.55^{b}	832± 1.25^{a}	7 150± 3.10^{a}	9.64± 0.20^{b}	2.90± 0.05^{a}	788± 1.88^{a}	11.4± 0.02^{a}	7.49± 0.06^{a}
2 年	2 930	318±	273±	271±	6 460±	6.37±	2.39±	27.4±	6.62±	3.91±

Two year	± 3.50^{d}	1.05^{c}	2.12^{c}	1.45^{c}	2.56^{b}	0.15^{c}	0.10^{a}	3.04^{d}	0.02^{c}	0.05^{c}
3 年 Three year	5 560 ± 2.03^{a}	415±1.30^{b}	340±1.87^{b}	246±1.52^{c}	7 040±2.85^{a}	30.3±0.20^{a}	2.75±0.09^{a}	73.9±1.35^{b}	5.84±0.05^{c}	5.57±0.02^{b}
4 年 Four year	3 480 ± 2.96^{c}	480±2.0^{a}	488±2.62^{a}	457±2.03^{b}	5 610±2.07^{c}	7.66±0.28^{c}	1.68±0.05^{c}	37.2±1.30^{c}	8.41±0.01^{b}	5.00±0.01^{b}

注：同一行中不同小写字母表示差异达到显著水平（*P* <0.05）。下同。
Note: Different lowercase letters on the same line indicate significant differences (*P* <0.05). The same below.

2.2 走马胎叶片一般营养成分

由表 2 可知，走马胎叶片维生素 C(36.2～177 mg·100g^{-1})含量最高，其次为蛋白质(2.25～2.90 g·100g^{-1})，脂肪最低仅 0.70～1.2 g·100g^{-1}，呈现高 VC 低脂肪特征，符合人们对健康食品的要求。

走马胎叶片维生素 C 含量随着栽培时间延长增加显著(*P*<0.05)，总糖含量变化无规律，蛋白质和脂肪含量相对较稳定。4 年生植株的维生素 C、总糖和蛋白质含量最高，分别达 117 mg·100g^{-1}、3.16 g·100g^{-1}、2.90 g·100g^{-1}，说明 4 年生走马胎植株叶片具有更好的有机营养。

表 2 走马胎叶片一般营养含量

Table 2 General nutrient content of *Ardisia gigantifolia* leaves

样品 Sample	营养成分含量 Nutrient contents			
	维生素 C VC (g·100g^{-1})	总糖 Totalsugar (g·100g^{-1})	蛋白质 Protein (g·100g^{-1})	脂肪 Fat (g·100g^{-1})
1 年 One year	36.2±1.00d	1.69±0.20c	2.62±0.15a	1.20±0.05a
2 年 Two year	59.6±2.57c	2.05±0.15b	2.25±0.25b	0.70±0.20b
3 年 Three year	81.7±2.05b	1.76±0.18c	2.60±0.12a	1.0±0.05a
4 年 Four year	177±1.40a	3.16±0.10a	2.90±0.15a	1.1±0.15a

2.3 走马胎叶片氨基酸成分

由表 3 可知，不同栽培年限走马胎叶片均能检出 15 种相同的氨基酸，并包括赖氨酸、苯丙氨酸、苏氨酸、亮氨酸、异亮氨酸和缬氨酸等 6 种人体必需氨基酸。检出的 15 种氨基酸中门冬氨酸和谷氨酸（>0.2 g·100g^{-1}）含量最高，其次为脯氨酸、甘氨酸、丙氨酸、缬氨酸、亮氨酸、苯丙氨酸和赖氨酸（>0.1g·100g^{-1}），酪氨酸和组氨酸的含量较低（<0.1g·100g^{-1}）；必需氨基酸（EAA）和非必需氨基酸（NEAA）的占比分别为 39.08%～41.38%（EAA/TAA）、58.62%～60.92%（NEAA/TAA）。

走马胎叶片中各类氨基酸、总氨基酸和必需氨基酸含量均以 4 年生最高，2 年生最低，最高含量出现时间与一般营养分析结果类似，说明走马胎栽培年限可明显影响叶片有机物的合成和积累。

表 3 走马胎叶片氨基酸含量

Table 3 Contents of free amino acid compositionsof *Ardisia gigantifolia* leaves

氨基酸含量 Amino acid (g·100g^{-1})	样品 Sample			
	1 年 One year	2 年 Two year	3 年 Three year	4 年 Four year
门冬氨酸 Asp	0.24±0.01b	0.22±0.01b	0.24±0.02b	0.36±0.015a
苏氨酸 Thr	0.099±0.003b	0.093±0.002b	0.10±0.01b	0.12±0.006a
丝氨酸 Ser	0.096±0.002a	0.090±0.001a	0.11±0.015a	0.11±0.01a
谷氨酸 Glu	0.22±0.01b	0.21±0.009b	0.22±0.02b	0.28±0.01a
脯氨酸 Pro	0.10±0.012b	0.10±0.005b	0.11±0.01b	0.15±0.02a
甘氨酸 Gly	0.12±0.01b	0.12±0.01b	0.14±0.02a	0.15±0.01a
丙氨酸 Ala	0.13±0.006ab	0.12±0.01b	0.12±0.005b	0.14±0.009a
缬氨酸 Val	0.12±0.005b	0.11±0.005b	0.12±0.06b	0.15±0.01a
异亮氨酸 Ile	0.092±0.001b	0.086±0.002b	0.094±0.005b	0.12±0.01a
亮氨酸 Leu	0.20±0.01b	0.18±0.01c	0.18±0.01c	0.22±0.015a
酪氨酸 Tyr	0.081±0.005a	0.073±0.002a	0.081±0.001a	0.088±0.002a
苯丙氨酸 Phe	0.12±0.01b	0.14±0.02a	0.12±0.009b	0.15±0.005a
赖氨酸 Lys	0.15±0.03b	0.14±0.01b	0.14±0.02b	0.17±0.02a
组氨酸 His	0.043±0.001a	0.039±0.001a	0.042±0.001a	0.051±0.002a
精氨酸 Arg	0.096±0.002b	0.091±0.001b	0.098±0.001b	0.12±0.01a
总氨基酸 TAA	1.91	1.81	1.92	2.38
必需氨基酸 EAA	0.781	0.749	0.754	0.93
非必需氨基酸 NEAA	1.129	1.061	1.166	1.45
EAA/TAA(%)	40.89	41.38	39.27	39.08
NEAA/TAA(%)	59.11	58.62	60.73	60.92

2.4 走马胎叶片主要生理活性物质

表 4 结果显示，走马胎叶片含有丰富的酚类（590～880 mg·100g^{-1}）和皂苷类（281.2～367.9 mg·100g^{-1}）物质，黄酮类物质含量较低（＜50.0 mg·100g^{-1}）。1～3 年生植株叶片总酚含量随栽培年限的延长下降显著（P＜0.05），但第 4 年又快速回升至最大值；总皂苷含量随栽培年限延长逐渐下降，且 1 年生显著高于 2～4 年（P＜0.05）。1 年和 4 年生走马胎植株叶片分别含有较高的皂苷类和酚类活性物质，因此使用时应根据需要进行选择。

表 4 走马胎叶片主要活性物质含量

Table 4 Main functional compound contents of *Ardisia gigantifolia* leaves

活性物质含量 Functional component content (mg·100g^{-1})	样品 Sample			
	1 年 One year	2 年 Two year	3 年 Three year	4 年 Four year
总酚 Total phenolic	710±1.52b	670±1.50c	590±1.73d	880±1.10a
总皂苷 Total saponin	367.9±2.04a	297.4±1.0b	283.6±1.56b	281.2±1.15b
总黄酮 Total flavone	<50.0	<50.0	<50.0	<50.0

3 讨论与结论

3.1 走马胎叶片矿质营养分析

本研究发现走马胎叶片含有丰富的矿质营养，且大部分元素含量明显高于普通水果、鲜茶叶和蔬菜（李云仙等，2016；倪杨等，2020；李金贵等，2018；宋曜辉等，2009）。尤其是 1 年生植株 Fe 含量高达 788 mg·kg^{-1}，分别为猪肝、蛋黄、芝麻酱的 3、11 和 1.5 倍。走马胎叶片 K、Na 元素比值达 235～380：1，对照余庆小叶苦丁茶和和梵净山白茶的 K、Na 含量（杨天友和杨传东，2020；杨天友等，2016），及高钾低钠型蔬菜的比值（豌豆 276：1，南瓜 181：1），走马胎具有高钾低钠型食材特征。现有研究表明食物中的 Ca、Mg、S、P、K、Fe、Mn、Zn 等元素是人体结构组成、生长发育及各种生理活动的物质基础，高钾低钠型食物能有效维持体内酸碱平衡及血压正常（何志廉，1988）。可见，走马胎叶片不仅能为人体提供良好的矿质营养，具有高钾低钠型健康食材的特征，并对保持血压稳定具有潜在价值。

栽培年限能显著影响走马胎植株叶片中的矿质元素含量，结果与树龄能明显影响油茶、柚等多年生常绿树种叶片矿质元素含量相似（闫荣玲等，2016；雷靖等，2019），原因可能是不同树龄植株根系对某一元素的吸收能力及树体对具体元素的需求差异所至（冯美利等，2012）。本研究结果还显示，1 年生走马胎植株叶片矿质元素含量普遍较高，2 年生较低，说明 1 年生植株叶片具有更好的矿质营养价值。结合不同栽培年限走马胎叶片外观形态变化分析，高含量的 Fe、Mn 等有色金属元素含量差异可能是导致叶片颜色变化的原因之一，1 年生植株叶片因 Fe、Mn 含量高而呈暗红色，2 年生含量最低而呈绿色。

3.2 走马胎叶片一般营养分析

维生素 C 是维持人体正常代谢的重要物质，参与多种生理活动，但人体自身不能合成必须从日常食物中获取;蛋白质作为组织和细胞的重要组成，是人体生命活动不可缺少的物质;故维生素 C 和蛋白质被作为果蔬品质评价的主要指标。走马胎植株叶片维生素 C（36.2～177 mg·100g^{-1}）和蛋白质（2.25～2.90 g·100g^{-1}）含量普遍高于葡萄、番茄、油麦菜、红绿茶、生菜、大白菜、芹菜等日常果蔬和茶叶（王延华等，2020；童兰艳等，2020；丁素君和张会芬，2014；曲媛等，2014；张贤忠等，2013），其中 4 年生维生素 C 高达 177 mg·100g^{-1}，已超过沙棘（160 mg·100g^{-1}）和红辣椒（144 mg·100g^{-1}）等高 VC 含量品种。走马胎叶片脂肪总体保持较低水平，含量仅 0.70～1.2 g·100g^{-1}，非常有利于人体健康，说明走马胎叶片具有较高的食用价值。

栽培年限对走马胎叶片中维生素 C 和总糖含量的影响较大,蛋白质和脂肪的影响相对较小，其中 4 年生维生素 C、总糖和蛋白质含量最高，1 年生最低。叶片是植物进行光合作用的主要场所，叶片组织结构直接影响其化合物的产生和积累。1 年生走马胎植株叶片小、薄，叶色暗红叶绿素含量较低，导致光合作用和储藏能力较弱，维生素和碳水化合物含量低。而 4 年生植株叶大、厚，并含大量腺体，结构完整，光合作用和储藏能力较强，因此维生素和碳水化合物含量高。

3.3 走马胎叶片氨基酸分析

走马胎叶片包含 6 种人体必需氨基酸，其中 EAA/TAA 比值为 39.08%～41.38%，NEAA/TAA 比值为 58.62%～60.92%，与 FAO/WHO（1991）提出的理想蛋白模式 EAA/TAA=40%、EAA/NEAA=60%几乎接近，说明不同生长年限走马胎叶片氨基酸配比合理。走马胎叶片氨基酸

含量最高是门冬氨酸和谷氨酸，门冬氨酸在临床上被广泛用于肝炎、肝硬化、肝昏迷等肝病的治疗，谷氨酸则为哺乳动物获得净氨基氮的主要氨基酸，能解除组织代谢过程中产生的氨毒害作用，并参与脑组织代谢（徐瑾等，2011），可见走马胎叶片中含量最高的两种氨基酸均具有较好的药用价值。

不同生长年限走马胎植株叶片所含氨基酸种类相同，含量则以 4 年生最高，2 年生最低，说明走马胎叶片氨基酸种类受栽培年限的影响较小，但含量受影响较大。与一般营养分析结果比较可知，4 年生走马胎具有更好的有机营养。

3.4 走马胎叶片活性物质分析

走马胎叶片含有丰富的皂苷类和酚类物质，前人研究表明，从走马胎中分离提取的三萜皂苷类物质对多种肿瘤细胞具有较强的抑制作用（穆丽华等，2011；谷永杰等，2014；陈超等，2015），而岩白菜素衍生物（属于酚类物质）具有较强的抗氧化作用（杨竹等，2008），两者是走马胎的主要活性物质。1 年生走马胎植株叶片总皂苷含量最高，4 年生总酚含量最高，推测走马胎幼年植株叶片可能具有更好的抗癌活性物质，成年植株叶片具有更好的抗炎活性物质。

综上所述，走马胎叶片富含多种人体所需的营养成分和生理活性物质，有较高的药用和保健价值，具有深度开发利用的价值潜力。但因成分类型不同含量呈现较大的年限差异，总体表现为 1 年生植株叶片含有较高的矿质元素和皂苷类物质，4 年生植株含有较高的有机营养、酚类物质和氨基酸，2 年生植株的大多数检测指标均处于最低值，因此在生产中应避免使用 2 年植株叶片，并根据需要选择 1 年或 4 年生植株叶片使用或开发成不同产品。

参考文献：

CHEN C, SUN Y, DONG XZ, et al., 2015. Inhibition of compound AG4 from *Ardisia gigantifolia* Stapf. on xenograft tumor growth of human nasopharyngeal carcinoma in nude mice[J]. Chin J Drug Appl Mon, 12(1): 12-15. [陈超，孙艳，董宪喆，等，2015.走马胎中化合物 AG4 对人鼻咽癌细胞裸鼠移植瘤的影响[J].中国药物应用与监测，12（1）：12-15.]

DING SJ, ZHANG HF, 2014. Content of vitamin C in different kinds of tea determined by iodometry[J]. Chin Mod Med, 21(5): 156-157.[丁素君，张会芬.2014.碘量法测定不同种类茶叶中的维生素 C 含量[J].中国当代医药，21（5）：156-157.]

FENG JQ, HUANG ZX, MU LH, et al., 2011. Study on chemical constituents of rhizome of *Ardisia gigantifolia*[J]. Chin J Mad Chem, 36(24): 3463-3466. [封聚强，黄志雄，穆丽华，等，2011.走马胎化学成分研究[J].中国中药杂志，36(24)：3463-3466.]

FU YL, XU L, LI ZY, et al., 2017. *In vitro* culture and plant regeneration of *Ardisia gigantifolia* Stapf.[J]. N Hortic, 4: 98 - 101. [符运柳，徐立，李志英，等，2017.走马胎离体培养及植株再生[J].北方园艺，4：98 - 101.]

FAO/WHO. Protein quality evaluation. Report of the joint FAO/WHO expert consultation. Food and Nutrition Paper. 1991, No. 51, FAO, Rome.

FENG ML, LI J, SUN CX, et al, 2012. Contents of nutrient elements and yearly changes in oil palms of different ages [J] . Chin J Trop Agric, 32(10): 6-9. [冯美利，李杰，孙程旭，等，2012.不同树龄油棕营养元素含量及其年变化研究 [J] .热带农业科学，32（10）：6-9.]

GU YJ, MU LH, DONG XZ, et al., 2014. Effect of triterpenoid saponins H1 from *Ardisia gigantifolia* on proliferation of six different tumor cell lines and apoptosis and cell cycle of A549 tumor[J]. Chin J Exp Tra Med Form, 20(10): 130-13. [谷永杰，穆丽华，董宪喆，等，2014.走马胎中三萜皂苷成分 H1 对 6 株肿瘤细胞增殖及

对 A549 肺细胞凋亡及细胞周期的影响[J].中国实验方剂学杂志，20（10）：130-13.]

GONG QQ, MU LH, LIU P, et al., 2010. New triterpenoid saponins from *Ardisia gigantifolia* Stapf[J]. Chin Chem Lett, 21: 449-452.

HE ZQ, 1988. Human nutrition [M] . Beijing: People's Medical Publishing House:156. [何志廉，1988.人类营养学 [M].北京：人民卫生出版社：156.]

HUANG ML, YE XX, CHEN SL, et al., 2007. Characteristics of minerral nutrition and influence of formula fertilizer on the growth and blossoms of *Strelitzia reginae*[J]. J Jilin Agr Univ, 29(6): 652-655. [黄敏玲，叶秀仙，陈诗林，等，2007. 鹤望兰叶片矿质营养特性及配方肥对其生长开花的影响[J].吉林农业大学学报,29(6): 652-655.]

LI YQ, WU H, 2018. The research progress of the correlation between growth fevelopment and fynamic accumulation of the effective components in medicinal plants[J]. Chin Bull Bot, 53(3): 293 - 304.[李雁群，吴鸿，2018.药用植物生长发育与有效成分积累关系研究进展[J].植物学报，53（3）：293 - 304.]

LI YX, ZHENG ZF, LIU L, et al., 2016. Determination of mineral elements in 5 species of citrus fruit peel and pulp by ICP-OES[J]. Food Ind, 37(7): 281-284.[李云仙，郑志峰，刘琳，等，2016.五种柑橘类水果矿质元素的测定[J].食品工业，37（7）：281-284.]

LI YQ, KONG DX, LIN XM, et al., 2016. Quality evaluation for essential oil of *Cinnamomum verum* leaves at different growth stages based on GC-MS, FTIR and microscopy[J]. Food Anal Method, 9: 202-212.

LI JG, LU YR, GONG YX, et al., 2018. Research on elements dynamic changes in different ages of fresh tea leaves[J]. Hubei Agric Sci, 57(23): 98-99.[李金贵，卢钰荣，龚永，等，2018.不同叶龄的茶树鲜叶中元素动态变化分析[J].湖北农业科学，57（23）：98-99.]

LUO FM, LI QF, ZHANG QR, et al., 2010. Microwave-assisted steam distillation of volatile oil from *Ardisia gigantifolia* Stapf.[J]. Chin Med Mat, 33(5): 815-819. [娄方明，李群芳，张倩茹，等，2010.微波辅助水蒸气蒸馏走马胎挥发油的研究[J].中药材，33（5）：815-819.]

LEI J, SUN GL, ZHUANG ML, et al., 2019. The changes of soil fertility and leaf nutrition of Guanxi pomelo orchards with tree-age[J]. Soil Fert Sci, 1:166-172. [雷靖，孙冠利，庄木来，等，2019.琯溪蜜柚园土壤肥力和叶片营养随树龄的变化[J].中国土壤与肥料，1：166-172.]

MU LH, HUANG CL, ZHOU WB, et al., 2013. Methanolysisof triterpenoid saponin from *Ardisia gigantifolia* Stapf. and structure-activity relationship study against cancer cells[J]. Bioorg & Med Chem Lett, 23: 6073-6078.

MAO SZ, TANG WX, LUO WH, et al., 2010. Medicinal plant resources of *Ardisia* in Guangxi and sustainable utilization[J]. J Fujian For Sci and Technol, 37(2): 119 - 126. [毛世忠，唐文秀，骆文华，等，2010.广西紫金牛属药用植物资源及可持续利用初探[J]. 福建林业科技，37（2）：119 - 126.]

MU LH, ZHAO HX, GONG QQ, et al., 2011. Triterpenoid saponins and the antitumor activity from the rhizome of *Ardisia gigantifolia* Stapf[J]. Pharm J Chin PLA, 27(1): 1 - 6.[穆丽华，赵海霞，龚强强，等，2011.走马胎中的三萜皂苷类成分及其体外抗肿瘤活性研究[J].解放军药学学报，27（1）：1 - 6.]

NI Y, SHI YQ, SHI L, et al., 2020. Mineral element contents of six dominant fruitsin Beijing and their dietary risk assessment[J]. Sci Technol Food Ind, 41(13): 307-314.[倪杨，史玉琴，石磊，等，2020.北京地区六种主产水果矿质元素含量分析及初步膳食风险评估[J].食品工业科技，41（13）：307-314.]

QU Y, LIU Y, HUANG LQ, et al., 2014. Analysis and evaluation of nutritive elements in aerial part of *Panax Notoginseng*[J]. Chin J Chin Mat Med, 39(4): 601-605.[曲媛，刘英，黄硌琦，等，2014.三七地上部分营养成分分析与评价[J].中国中药杂志，39（4）：601-605.]

SONG YH, WANG WQ, TANG XW, et al., 2009. Nutritional components analysis of organic vegetables[J]. J Anhui Agric Sci, 37(7): 2917-2919. [宋曜辉，王文琪，唐晓伟，等.2009.有机蔬菜的营养成分分析[J].安徽农业科学，37（7）：2917-2919.]

TANG FL, ZHAO J, ZHAOZG, et al., 2019. Tissue culture and rapid propagation of *Ardisia gigantifolia*[J]. Acta Bot Sin, 54(3): 378 - 384.[唐凤鸾，赵健，赵志国，等，2019.走马胎的组织培养与快速繁殖[J].植物学报，54（3）：378 - 384.]

TONG LY, YU WQ, ZHU LL, et al., 2020. Determination of vitamin C in vegetables and fruits and its stability[J]. Food Ind, 41(5): 87-89.[童兰艳，余文琴，朱玲玲，等，2020.蔬菜和水果中维生素 C 含量测定及其稳定性[J].食品工业，41（5）：87-89.]

WEI R, WANG Q, ZHONG PS, et al., 2018. Community characteristics and conservation strategy of *Ardisia gigantifolia* in Nanxiong, Guangdong Province[J]. Chin Trad Herb Drug, 49(6): 1430-1436. [魏蓉，王强，钟平生，等，2018.广东南雄走马胎群落特征研究[J].中草药，49（6）：1430-1436.]

WANG YH, FAN RB, ZHOU X, et al., 2020. Effects of different storage methods on the contents of vitamin C and total sugar in five kinds of fruits[J].Food Ind, 41(11): 305-307. [王延华，范荣波，周霞，等，2020.不同贮藏方式对 5 种水果中维生素 C 和总糖含量的影响[J].食品工业，41（11）：305-307.]

XU J, YE AY, DEING JM,et al., 2011. Determination of amino acids in lily and its nutritional evaluation[J]. Amino Acid Biotic Resourc, 33(3): 18-20. [徐瑾，叶爱英，丁敬敏，等，2011.百合中氨基酸组成测定与营养功能分析[J].氨基酸和生物资源，33（3）：18-20.]

YAN RL, LIAO Y, HUANG YQ, et al., 2016. Changs laws of nutrient elements, veins density, physiological index in *Camellia oleifera* leaves with different tree ages and their correlation with yield[J]. Guihaia, 36(8):980-985. [闫荣玲，廖阳，黄玉钱，等，2016.油茶叶片营养元素、叶脉密度及生理指标随树龄变化规律及其与产量的相关性[J].广西植物，36（8）：980-985.]

YANG Z, HUANG JH, WANG NL, et al., 2008. New bergenin derivatives and the antioxidant activi-ty from *Ardisia gigantifolia* Stapf[J]. J Shenyang Pharm Univ, 25(1): 30-34. [杨竹，黄敬辉，王乃利，等，2008.走马胎中新的岩白菜素衍生物的提取分离及体外抗氧化活性测定[J].沈阳药科大学学报，25（1）：30-34.]

YANG TY, YANG QD, 2020. Study on nutritional components and bioactivity of small-leaf Kudingcha from Yuqing[J]. Food Ind, 41(8): 323-327. [杨天友，杨传东，2020.余庆小叶苦丁茶营养成分及生物活性分析[J].食品工业，41（8）：323-327.]

YAO X, ZHOU GS, TANG YP, et al., 2012. Comparison of total ginkgolic acids content in leaf of fruit-utilization type of *Ginkgo biloba* with different tree ages and from different locations[J]. J Plant Resour Environ, 21(4): 108-110. [姚鑫，

周桂生，唐于平，等，2012.不同产地及株龄果用银杏叶中总银杏酸含量的比较[J].植物资源与环境学报，21（4）：108－110.]

YANG TY, LI GF, LUO J, et al., 2016. Analysis and evaluation on nutritional components of white tea from Fanjing Mountain [J]. J S Agric, 47(6): 1009-1013. [杨天友，李刚凤，罗静，等，2016.梵净山白茶营养成分分析与评价[J].南方农业学报，47（6）：1009-1013.]

ZHENG XL, DONG XZ, MU LH, et al., 2013. Antiproliferation activity of triterpenoid saponins AG4 from *Ardisia gigantifolia* Stapf. on MCF-7 cells[J]. Chin Pharmacol Bull, 29(5): 674-679.[郑小丽，董宪喆，穆丽华，等，2013.走马胎中皂苷成分 AG4 对 MCF-7 肿瘤细胞增殖的影响及机制研究[J].中国药理学通报，29（5）：674-679.]

ZHANG XZ, LIUTB, GUO XQ, et al., 2013. Determination of protein in tea[J]. J Anhui Agric Sci, 41(21): 9058-9059. [张贤忠，刘铁兵，郭小青，等，2013.茶叶中蛋白质含量的测定[J].安徽农业科学，41（21）：9058-9059.]